



J.J. THÉOPHILE SCHLŒSING

1824 - 1919

---

# NOTICE

SUR

## J.-J.-THÉOPHILE SCHLOESING

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

(1824-1919)

LUE EN LA SÉANCE DU 13 DÉCEMBRE 1920,

PAR M. L. LINDET.

---

La belle carrière scientifique de J.-J.-Théophile Schloesing s'est décidée le jour, où, âgé de 19 années, il sortait de l'École Polytechnique et était nommé ingénieur dans le Service des Manufactures royales des Tabacs. C'est là que, devant la plante qui sollicitait l'attention de ces Services, il prit contact avec les mystères de la vie végétale et se demanda ce que l'eau, l'air et le sol étaient susceptibles de fournir aux cellules. S'il avait perdu quelques rangs à la sortie de l'École, Schloesing eut peut-être été appelé à construire des ponts, à exploiter des mines ou à porter l'uniforme d'officier d'artillerie; quelque honorables que soient ces carrières, la Destinée les lui refusait; elle réservait notre illustre confrère pour être, à la suite de Boussingault, le fondateur de la chimie agricole.

J'ajouterai que Schloesing fut un philosophe. « La chimie, a-t-il écrit, n'a été entre mes mains qu'un excellent outil »; cet outil, il l'a manié avec une habileté professionnelle qu'on n'a jamais, je crois, sur-

passée; on trouve ce grand travailleur dans le laboratoire du quai d'Orsay, puis dans celui du Conservatoire des Arts et Métiers où il avait succédé à Boussingault, enfin, quand l'âge l'eut obligé à rester la plus grande partie de son temps à la maison, dans ce petit salon de l'avenue Rapp, si ingénieusement aménagé en laboratoire. Partout l'expérimentateur est debout; il observe; mais, au fur et à mesure que l'analyse lui fournit des résultats, ses idées s'élargissent et lui permettent d'établir les grands principes qui président à la vie du Monde.

C'est en effet au raisonnement basé sur l'expérimentation qu'il demande de lui révéler la constitution de la terre arable, les lois d'équilibre auxquelles l'acide carbonique de la terre, de l'air et de l'eau, le bicarbonate de chaux et le calcaire sont soumis, les lois de la circulation équilibrée, dans le monde, de l'azote sous ses trois formes : ammoniacal, nitrique et minéral.

Sans doute notre illustre confrère a abandonné quelquefois le laboratoire pour l'usine. Mais pourrait-on affirmer que ses recherches industrielles n'ont pas été inspirées par des questions d'ordre agricole, que ce n'est pas en cherchant l'origine du natron qu'il a pensé à faire agir l'ammoniaque et l'acide carbonique sur le sel marin et qu'il a été conduit à fabriquer, le premier, de la soude par le procédé universellement utilisé aujourd'hui. Schloësing a montré que la mer est le grand régulateur de la circulation mondiale de l'acide carbonique et de l'azote; son attention se trouve dès lors appelée sur la composition des sels de la mer, et c'est par une suite logique d'études qu'il crée en Tunisie une saline et une fabrique de phosphate précipité.

Nous ferons cependant deux parts dans la biographie scientifique de Schloësing, et nous exposerons tout d'abord les recherches d'ordre scientifique, pour résumer ensuite celles qui ont reçu une application industrielle.

## I.

## RECHERCHES DE CHIMIE VÉGÉTALE ET AGRICOLE (1).

Nous désirons n'exposer ici que les trois grandes questions auxquelles nous avons fait allusion ci-dessus, parce qu'elles résument l'œuvre de Schloësing, dans ce qu'elle a de plus élevé et de plus scientifique.

Ce serait une erreur de croire que ces grands problèmes, il les a abordés sans un travail d'approche, par la grande porte, pour ainsi dire. Il semble s'y être préparé en étudiant d'abord les procédés d'analyse et les appareils de laboratoire, susceptibles d'être les auxiliaires fidèles de ses expériences et de garantir ses conclusions. Certains de ces appareils ou de ces procédés de dosage ont pu être perfectionnés au cours de ces travaux; ils appartiennent néanmoins à la période de préparation, et, comme tels, doivent être mentionnés les premiers.

Parmi les procédés, on doit citer, sans les décrire, parce qu'ils sont classiques, ceux qui permettent de doser l'acide nitrique par le protochlorure de fer (1853), la potasse par le perchlorate d'ammoniaque (1871), l'ammoniaque par distillation-concentration, avec une précision que le procédé de Boussingault n'atteignait pas.

La précision des résultats analytiques, tels qu'ils sont obtenus dans les conditions ordinaires eût été encore insuffisante pour assurer le succès des expériences que Schloësing songeait à réaliser; il lui fallait concevoir un matériel qui lui fût personnel, puisqu'il devait répondre

---

(1) Nous laisserons de côté l'exposé de quelques recherches agricoles qui ont été provoquées, surtout au début de sa carrière, par les fonctions que Schloësing remplissait à la Manufacture des Tabacs : Dosage de la nicotine (1846), influence des conditions culturales sur la valeur des tabacs (1860), absorption des vapeurs ammoniacales par les plants de tabac, etc.

à des méthodes de travail non encore explorées. De là, un grand nombre d'appareils, fabriqués par lui-même ou par son fidèle garçon de laboratoire, Gagnebien, appareils distributeurs automatiques de gaz, d'eau, de solutions salines, qui, travaillant nuit et jour, quelquefois pendant des mois entiers sans interruption, ont été les vrais collaborateurs de Schloësing, et qui ont acquis droit de cité dans tous nos laboratoires.

*Sur la constitution de la terre arable.*

Ce n'est qu'en 1866, vingt années après la publication de sa première Note à l'Institut, que Schloësing aborda les grands problèmes de la chimie agricole, dont il avait été distrait par les travaux que nous avons cités, notamment les travaux analytiques, préparatoires, et aussi par les études industrielles auxquelles nous donnerons plus loin le développement qu'elles méritent.

En 1866, puis en 1870, Schloësing s'appliqua à rechercher la composition des liquides qui circulent entre les éléments solides de la terre et qui lui semblaient être les liquides nourriciers des racines. Il fit usage des appareils distributeurs d'eau et de gaz, dont il vient d'être parlé, et constata qu'en entretenant, à la surface d'une terre, un mélange en proportions déterminées d'air et d'acide carbonique, on détermine un véritable déplacement des tranches liquides, dont les premières, tout au moins, présentent la composition qu'elles possèdent dans le sol, et peuvent être étudiées au double point de vue de leur composition chimique et de leur assimilation. On peut concentrer les éléments rares qui sont en solution dans le sol en appliquant la méthode de déplacement sur des terres préalablement séchées.

Une conséquence agricole d'un certain intérêt résulte de cette observation : si une pluie d'orage vient à détremper une terre sèche, au point de produire des infiltrations au-dessous de son sous-sol, elle

déplacera un liquide d'autant plus concentré et produira d'autant plus de pertes que la sécheresse aura été plus accentuée.

Les études sur la constitution de la terre végétale, considérée dans ses éléments solides, ont été publiées de 1870 à 1874.

Leur point de départ a été la double constatation que les argiles, convenablement débarrassées de leurs éléments calcaires par les acides faibles et les éléments sableux par décantation, restent indéfiniment en suspension quand elles ont été délayées dans l'eau distillée, alcalinisée de préférence par quelques gouttes d'ammoniaque, mais qu'elles se déposent au contraire, quand on les additionne de quantités infiniment petites d'acide, de sels alcalins, alcalino-terreux et spécialement de sels de chaux ou de magnésie; c'est l'argile colloïdale.

Beaucoup, en admettant que beaucoup eussent été à même de faire cette observation, se seraient bornés à la transcrire et à la publier. Schloësing devina immédiatement les conséquences qu'elle comporte : l'argile cesse d'être une matière inerte, elle va donner à la terre une personnalité qui la rapprochera de la matière vivante.

Elle est le ciment qui agglutine les éléments calcaires et siliceux; le sol ameubli reste compact, tant que les sels terreux sont en quantités suffisantes pour maintenir ce ciment à l'état coagulé; dans de semblables terres, les pluies n'entraînent pas d'eaux limoneuses et les drains coulent clair. Il n'en est pas de même des terres insuffisamment riches en sels de chaux ou de magnésie; survienne un orage, le ciment se désagrège; les ruisseaux et les drains charrient de l'argile. Les eaux de la fonte des neiges entraînent des éléments argileux qui rencontrent d'ordinaire, sur leur route, une quantité insuffisante de sels terreux pour se coaguler; les eaux de la Garonne et de la Loire s'écoulent souvent limoneuses. Les ingénieurs, à la recherche de sources à capter, doivent se préoccuper de la nature des terrains que leurs eaux traversent.

L'acide humique et les humates, ce que l'on nomme « la matière

noire », peut, comme l'argile, jouer le rôle de ciment vis-à-vis des éléments pulvérulents de la terre; un dicton ne remarque-t-il pas que « le terreau donne du corps aux terres légères » ?

Mais il semble que ces deux ciments ne peuvent coexister dans une même terre sans se nuire; l'un défait ce que l'autre a fait; la cohésion d'une argile très grasse est affaiblie par l'addition d'humus; on dit souvent que le terreau ameublisse les terres trop fortes.

Ces observations permettent d'appliquer l'analyse à la recherche de la valeur agricole d'une terre, dans des conditions qu'il est inutile de rappeler, tant elles sont classiques. Une terre est passablement tenace quand elle renferme 10 à 15 pour 100 d'argile; elle cesse d'être labouable quand le taux d'argile atteint 30 pour 100.

*Sur les lois d'équilibre de l'acide carbonique dans la Nature.*

C'est à la suite de ses recherches sur la composition des liquides souterrains, et sur le rôle des sels de chaux dans l'ameublissement des terres que Schloësing entreprit l'étude, qu'il publia en 1872, de la dissolution du calcaire par l'acide carbonique des eaux. Comment se serait-il d'ailleurs désintéressé d'une question qui est la base de la nutrition minérale des plantes, qui justifie le renouvellement des marnages, et explique la circulation des éléments calcaires à travers le Globe et la formation des roches calcaires.

Les appareils, si ingénieusement conçus, que nous avons signalés, permettraient de faire, jour et nuit, sans interruption, barboter un mélange, en proportions définies, d'air et d'acide carbonique, à des températures déterminées, dans de l'eau contenant du carbonate de chaux en suspension, jusqu'à ce que l'équilibre fût obtenu entre la tension de l'acide carbonique du mélange gazeux et le poids du bicarbonate formé, appliquant ainsi, pour la première fois, dans le domaine

de la chimie agricole, la notion de la dissociation, établie par Sainte-Claire Deville, Debray et Troost.

En présence de ces conditions, Schloësing a reconnu que l'eau dissout à la fois des quantités déterminées d'acide carbonique libre, de carbonate de chaux et de bicarbonate, que, pour une température déterminée, la dissolution du carbonate de chaux se fait comme dans l'eau ne contenant pas d'acide carbonique, que la dissolution de l'acide carbonique se fait comme dans l'eau ne contenant pas de carbonate de chaux, et que la quantité de bicarbonate dissoute dans le liquide dépend de la tension de l'acide carbonique dans l'atmosphère gazeuse; il a constaté que si, pour une même température, on fait varier la tension de l'acide carbonique, de manière que la série de ses valeurs forme une progression géométrique, de raison donnée, les quantités correspondantes de bicarbonate dissoutes sont les termes d'une autre progression géométrique, d'une raison différente et plus petite que la première.

Plus tard, en 1880, il revint sur cette question, pour expliquer comment, en vertu de cette loi, le taux d'acide carbonique pouvait se trouver, dans l'air, en quantité constante. L'eau de mer renferme, par litre, près de 0<sup>s</sup>,100 d'acide carbonique, engagé, pour la plus grande partie, dans les bicarbonates. Si quelque cause perturbatrice provoque l'abaissement du taux moyen de l'acide carbonique dans l'atmosphère, les bicarbonates marins viennent rétablir l'équilibre. L'approvisionnement de l'eau de mer en acide carbonique est, d'après les calculs de Schloësing, dix fois supérieur à ce que l'atmosphère en contient. La mer joue donc le rôle d'un réservoir presque indéfini et concourt à maintenir, dans l'air que nous respirons, la constance du taux d'acide carbonique.

Voilà le premier exemple d'une notion générale que Schloësing a établie dans d'autres domaines également; le monde est assujéti à des lois d'équilibre; il éprouve de nombreuses perturbations dont les

causes sont souvent mal définies; mais il a ses régulateurs qui rétablissent l'harmonie physique sur ses bases normales.

*Sur la circulation équilibrée, dans le monde, de l'azote,  
sous toutes ses formes.*

Schloësing mit, dans la conception du rôle que remplit l'azote, continuellement en circulation équilibrée dans le monde, le même esprit que celui qui l'avait guidé pour établir la continuité des échanges d'acide carbonique entre le sol, l'air et les eaux.

Le 18 janvier, il publia à l'Institut une Note qui est tout un programme d'études; celle-ci n'a eu, comme il le dit lui-même, d'autre but que de « résumer les idées générales qui l'ont déterminé à entreprendre un travail aussi considérable » : le sol paraît se refuser à absorber directement l'azote atmosphérique, et il semble, à cette époque, que l'on ne puisse demander qu'aux manifestations électriques de l'atmosphère la réparation des pertes que l'approvisionnement azoté de la terre subit chaque jour, du fait de la putréfaction ou des fermentations des matières azotées, de leur combustion ou torréfaction, etc. pendant lesquelles l'azote gazeux se dégage et se perd dans l'atmosphère; l'acide nitrique, dont l'électricité atmosphérique assure la synthèse, arrive soit directement, soit indirectement, par les fleuves, à la mer, fournit des matières protéiques à l'intérieur des cellules des plantes aquatiques; ces plantes nourrissent les animaux marins, et sont éliminées à l'état de déchets, c'est-à-dire d'ammoniaque; celle-ci se diffuse dans l'atmosphère, gagne les continents et va nourrir les végétaux ou se fixer sur les terres arables; là elle se nitrifie, rentre dans le cycle de la vie végétale ou retourne à la mer.

L'azote circule donc sous les trois états : ammoniacal, nitrique ou gazeux, et ce sont ces trois états que nous allons considérer succes-

sivement, à travers les clartés que les travaux de Schloësing nous apportent. Le maître a soin lui-même de dire qu'au cours de ces travaux, il s'est préoccupé moins d'établir des faits que de découvrir les lois qui président à cette circulation.

*Azote ammoniacal.* — Après avoir rendu le procédé de dosage de l'ammoniaque assez sensible pour déceler  $0^{\text{e}},001$  dans  $50^{\text{m}}$ , il adapta ses ingénieux appareils à l'étude de la circulation de l'ammoniaque, contenue dans des atmosphères confinées, au contact de terres humides ou sèches. Malgré que la dose moyenne de l'ammoniaque dans l'air ne soit que de  $2^{\text{mg}},25$  par  $100^{\text{m}}$ , Schloësing n'hésita pas à dire que son continuel renouvellement assurait à l'ammoniaque aérienne un rôle prépondérant dans la circulation générale de l'azote.

Il introduisit encore, pour asseoir ses conclusions, cette notion de la tension de vapeur qu'il avait déjà fait intervenir à propos de l'acide carbonique.

Le procédé suivi a consisté alors à soumettre d'une part des eaux, d'autre part des terres à l'action d'atmosphères chargées de quantités variables, mais déterminées, d'ammoniaque, incessamment renouvelées, à attendre que les échanges soient équilibrés, puis à mesurer l'alcali dans les eaux ou dans les terres, pour savoir comment le partage s'est effectué.

Le partage de l'ammoniaque entre l'air et l'eau, qu'elle soit eau douce ou eau marine, se fait toujours au profit de l'eau, à cause de la très grande solubilité que celle-ci offre à l'alcali. En s'appuyant sur ses expériences, Schloësing a formulé la loi suivante : Le rapport entre l'ammoniaque contenue dans  $1^{\text{vol}}$  d'air ( $1^{\text{m}}$ ) et l'ammoniaque contenue dans  $1^{\text{vol}}$  d'eau ( $1^{\text{l}}$ ), quand l'équilibre est atteint, et pour une même température, est constant, quel que soit le titre ammoniacal de l'air.

Les terres humides absorbent l'ammoniaque aérienne parce que,

d'une façon générale, elles renferment assez d'eau pour attirer l'alcali; d'autre part, quand elles sont aptes à la nitrification, elles font brusquement tomber la tension en transformant l'ammoniaque en acide nitrique et empêchent l'équilibre de s'établir. Les terres sèches, au contraire, incapables de nitrifier, retiennent l'ammoniaque; le bénéfice est le plus marqué avec les terres non calcaires.

Après les discussions qu'il eut à soutenir contre Berthelot et André, il voulut appuyer son opinion sur de nouvelles preuves, et, de 1886 à 1890, il exécuta 25 séries d'expériences sur des terres calcaires ou non calcaires, sèches ou humides, qui confirmèrent les résultats de 1876.

*Azote nitrique.* — Nous avons indiqué qu'une partie du trajet parcouru par l'azote dans son cycle circulatoire a lieu sous la forme d'acide nitrique; l'azote ammoniacal et l'azote organique se nitrifient quand ils rencontrent dans le sol les conditions favorables. Nous savons aujourd'hui que celles-ci sont d'ordre biologique et que la découverte du ferment nitrique est due à Schloësing et Müntz. Nous suivrons avec intérêt les étapes successives de cette grande invention.

En 1873, Schloësing l'aborda dans deux Notes, qui déterminent l'influence des atmosphères confinées sur les combustions lentes du sol, auxquelles on rattachait, à cette époque, la nitrification. Pasteur avait d'ailleurs déclaré, en 1862, que l'étude de la nitrification était à refaire au point de vue des notions nouvelles sur les organismes carburants. Schloësing a montré que, tant au point de vue chimique que microbiologique, les deux phénomènes, combustion et nitrification, ne sauraient être confondus.

A l'aide de ses appareils mécaniques, distributeurs de gaz, il soumit, pendant plusieurs mois, des terres à l'action de mélanges d'azote et d'oxygène, contenant depuis 1,5 jusqu'à 21 pour 100 d'oxygène, et il constata que la production d'acide carbonique relevant, en grande partie, de la combustion interne, est indépendante du taux en oxy-

gène du mélange, tandis que celle de l'acide nitrique augmente du simple au quintuple avec l'accroissement du taux d'oxygène.

Puis, la même année, il fit un pas de plus vers la découverte de la nitrification biologique; il constata l'influence de la température, qu'il déterminera plus tard, l'influence du milieu, c'est-à-dire le rôle des alcalino-terreux faibles, comme le bicarbonate de chaux, la nature des matières organiques susceptibles de favoriser la nitrification, la nécessité d'émietter la terre, toutes conditions que nous sommes habitués aujourd'hui à considérer comme les conditions essentielles de la vie des microbes.

Les idées de Schloësing allaient se préciser à la suite d'une expérience qu'il fit, en 1875, dans le but d'éclairer une commission administrative de la Ville de Paris, pour l'établissement d'un canal d'irrigation à l'eau d'égout entre Clichy et la forêt de Saint-Germain, et dont il était le rapporteur. Il se demanda s'il était nécessaire de consacrer des terrains agricoles à l'épuration des eaux et s'il ne fallait pas distinguer, dans la question soumise à la commission, deux stades, l'épuration sur des terrains réputés stériles, mais comburants, et l'utilisation, sur des terrains agricoles, des nitrates formés. Déjà Boussingault avait montré que des matières organiques azotées, sang, chair, laines, etc., n'étaient pas nitrifiées en présence de craie et de sable seuls, mais se transformaient rapidement quand on y mélangeait de la terre végétale. L'eau d'égout va-t-elle pouvoir ensemer une terre stérile? Schloësing fit écouler lentement de l'eau d'égout sur un mélange de sable quartzeux et de calcaire, renfermé dans un large tube de 1<sup>m</sup> de long, et il vit, au bout d'une vingtaine de jours, le nitrate apparaître aux dépens de la matière azotée contenue dans l'eau d'égout, comme il aurait apparu si l'on avait ajouté de la terre végétale. Il y a donc dans la terre végétale, comme dans l'eau d'égout, quelque chose que l'on ne trouve pas dans le sang, la viande, la laine, etc., et ce quelque chose, c'est le ferment nitrificateur. Si l'eau d'égout n'a pas donné de nitrate

dès le début, c'est qu'il a fallu au microbe le temps de se reproduire en quantité suffisante.

Voilà le point de départ des belles recherches, qu'avec la collaboration d'Ach. Müntz, alors son préparateur, il publia du 12 février au 24 novembre 1879, et qui devaient établir, sans discussions, le caractère biologique de la nitrification.

Schlœsing et Müntz eurent l'idée d'envoyer, dans le tube où se faisait le ruissellement continu de l'eau d'égout, des vapeurs de chloroforme, et la production d'acide nitrique qui s'était poursuivie régulièrement pendant quatre mois et demi cessa brusquement et ne put reprendre que quand on l'ensemença de nouveau avec la délayure d'une terre fertile.

Dès lors, les preuves d'une action microbiologique s'accumulèrent; des terres chloroformées ou chauffées à 100° devinrent incapables de nitrifier leur matière organique; les inventeurs purent produire de l'acide nitrique, en faisant barboter de l'air stérile dans de l'eau d'égout, stérilisée, puis additionnée de carbonate de chaux et d'un peu de terreau. La stérilisation, par le chloroforme ou par la chaleur, des terres ou des eaux d'égout, n'a pas interrompu les phénomènes d'oxydation, qui sont d'ordre purement chimique; même la matière azotée s'est décomposée et a donné de l'ammoniaque dans ces conditions. Mais la stérilisation a complètement arrêté la nitrification qui est d'ordre biologique.

Poursuivis par l'idée que Pasteur avait émise, et que nous avons signalée plus haut, les deux collaborateurs cherchèrent d'abord le microbe de la nitrification parmi les moisissures qui sont les types des organismes comburants; les Mucors, les Mycodermes, les Penicillium, les Aspergillus ne leur donnèrent pas d'acide nitrique; au contraire, ils décomposèrent celui-ci et le transformèrent en matière azotée et même en azote gazeux; ce ne sont donc pas les organismes comburants qui agissent dans la nitrification.

Enfin ils parvinrent à isoler le ferment nitrique d'une eau d'égout purifiée, à en étudier les caractères morphologiques, la composition chimique, et ses exigences alimentaires; on comprendra sans peine, en présence des progrès accomplis par la microbiologie, que nos deux inventeurs aient été largement dépassés.

La découverte et l'étude du ferment nitrique restaient, pour Schloësing, un peu trop d'ordre spéculatif; il n'était pas microbiologiste, et ses préoccupations ne quittaient pas les grands problèmes de la chimie agricole et, je dirai même, les grandes lois naturelles sur lesquelles l'humanité doit avoir les yeux fixés, parce qu'elles nous font comprendre l'harmonie que la nature a su établir parmi les phénomènes gigantesques, dont nous sommes entourés.

Rappelons d'abord la question de départ dont les recherches sur le ferment nitrique sont sorties et qui se trouvait dès lors résolue: il n'est pas nécessaire, pour épurer les eaux usées, d'emprunter un terrain agricole; on peut consacrer à cette épuration un terrain stérile au sens agricole, à la condition qu'il soit légèrement alcalin, bien aéré, à bonne température, et qu'on l'ensemence de microbes nitrificateurs. On connaît aujourd'hui l'application à l'épuration des eaux usées, des lits bactériens, dont le support est fait de matériaux inertes, tels que du mâchefer.

Nous avons dit ci-dessus que l'élimination des nitrates par les drains ou par les infiltrations du sol, et leur déversement dans la mer par l'intermédiaire des rivières et des fleuves, faisaient partie du grand cycle de la circulation de l'azote, tel que Schloësing l'avait conçu en 1875. Ce savant se trouvait donc entraîné à étudier ce qu'il a appelé le *titre nitrique* des cours d'eau et des sources, c'est-à-dire le taux de fixité, sous lequel la proportion d'acide nitrique se présente, tant que les eaux de ruissellement ne se sont pas encore mélangées aux eaux d'infiltration. Ces études furent poursuivies, avec une admirable activité, pendant les années 1895-1896; Schloësing avait à ce moment

plus de soixante-dix ans ! Il en tira cette conséquence, bien importante pour l'hydrologie : on peut reconnaître une vraie source à la fixité de son titre nitrique, pendant le cours d'une année ; il convient de considérer comme suspects d'avoir reçu des eaux de rivière ou de ruissellement les pseudo-sources dont le titre nitrique varie au contraire des périodes chaudes aux périodes froides.

*Azote minéral.* — L'hypothèse émise par Schloësing en 1875 et à la vérification de laquelle ont concouru tous les travaux qu'il a depuis poursuivis, admettait que la production de l'acide nitrique par les décharges électriques au contact de l'air atmosphérique était seule pour réparer les pertes journalières d'azote. L'expérience classique de Boussingault, qui laissa pendant dix ans de la terre en présence de l'air, et qui ne reconnut aucun gain d'azote, lui paraissait incontestable ; l'azote gazeux ne pouvait, en se combinant directement à la terre, remplacer celui qui prend naissance dans la décomposition même des produits azotés. C'est cette expérience qu'il entreprit de défendre, en 1875, contre Dehérain, puis de 1888 à 1889 contre Berthelot.

Il répéta, sans obtenir la moindre fixation d'azote, certaines expériences publiées par Dehérain : action de l'alcali sur le terreau, contact de l'azote avec une solution de glucose alcalinisée, etc.

Cependant, comme il le dit lui-même, « quand des expériences sur un même sujet conduisent à des résultats divergents, quoique l'on ne voie pas bien en quoi ces expériences diffèrent, de nouvelles investigations sont nécessaires ».

Schloësing suivit une méthode différente de celle qui avait conduit Boussingault aux résultats précités ; il ne rechercha pas si la terre avait gagné de l'azote ; il préféra reconnaître dans quelle mesure une atmosphère azotée, au contact de la terre, avait perdu de l'azote. Les terres en expériences étaient contenues à l'intérieur de grands ballons, dont le col plongeait dans le mercure ; l'oxygène disparaissait peu à peu, en

brûlant les matières organiques des terres, et l'acide carbonique dégagé était absorbé par une colonne de chaux, enfermé dans le col du ballon; les dispositions étaient prises pour faire rentrer dans celui-ci de l'oxygène, chaque fois que l'on voyait le niveau du mercure remonter. A peine Schlœsing avait-il installé cette série d'expériences qu'il fut pris de scrupules; les vapeurs de mercure ne vont-elles pas paralyser les microbes, s'il en existe qui soient capables de fixer l'azote atmosphérique? Il disposa alors une nouvelle série d'expériences, dans laquelle la fermeture au mercure était écartée; les ballons furent vidés d'air à la trompe et l'on y introduisit un volume d'air déterminé, mesuré en dehors de tout volumètre à mercure; puis les ballons furent scellés à la lampe; pour éviter une trop grande consommation d'oxygène et pouvoir maintenir, pendant plusieurs mois, une atmosphère oxygénée dans les ballons, Schlœsing choisit des terres pauvres en matières organiques. Les résultats de ces deux expériences furent annoncés à l'Académie le 26 mars et le 3 avril 1888; l'absorption maxima que les analyses aient pu déceler ne représente pas  $1^{\text{cm}^3}$ ,5 d'azote par litre d'azote introduit; plusieurs analyses portent au contraire un surcroît d'azote dosé, d'une valeur égale; ces quantités ne sont attribuables qu'à des erreurs d'expérience.

C'est à ce moment que s'engagea entre Berthelot, qui croyait avoir réalisé la fixation de l'azote par la terre nue, et Schlœsing une polémique, dans les détails de laquelle nous ne saurions entrer. Schlœsing ne nia pas la possibilité de cette fixation; mais il se borna à dire « que jusque-là ses expériences ne la constataient pas et qu'il ne la trouvait pas suffisamment démontrée par les expériences de M. Berthelot ».

Cependant, il ne s'attarda pas à des réponses académiques et il reprit une grande série d'expériences, pour laquelle il renonça à faire séjourner des terres dans des atmosphères confinées, et préféra les exposer soit à l'air libre, soit à une circulation d'air dans des appareils spécialement aménagés. Il était dès lors obligé de suivre la méthode

de Boussingault, c'est-à-dire de rechercher directement sur l'échantillon de terre, si celle-ci s'était enrichie en azote. Le 30 juillet 1888, il fit connaître à l'Académie que sur 100<sup>g</sup> de terre, laissés au contact de l'air pendant deux ans, les différences dans les dosages d'azote du début et de la fin n'avaient pas excédé en plus ou en moins 0<sup>mg</sup>,5.

Quand il apprit que Hellriegel et Wilfarth étaient parvenus à fixer l'azote atmosphérique sur les légumineuses, par l'intermédiaire des organismes microscopiques enfermés dans leurs nodosités, Schloësing tint à recommencer ses expériences, mais sur des terres ayant préalablement porté des légumineuses, espérant que ces microbes avaient fait élection de domicile dans les terres elles-mêmes; les résultats furent encore négatifs, et Schloësing exposait, dans sa Note du 5 août 1889, que « le nombre des terres étudiées s'était accru, sans qu'il ait pu en trouver une seule qui, étant nue et sans végétation, fixe l'azote gazeux ».

C'est là que s'arrêtent, sur cette question, les travaux de Schloësing; il eut le bonheur de voir son fils, en collaboration de M. Em. Laurent, confirmer le fait établi que les terres nues et sans végétation ne fixent pas l'azote libre, que certaines algues, dont la diffusion est universelle et dont les débris couvrent souvent le sol, ont, comme les nodosités des légumineuses, la propriété de l'assimiler, et qu'il faut attribuer à la présence de ces algues l'augmentation de la dose d'azote que certains auteurs ont cru être la propriété de la terre pseudo-nue ou même celle de certaines plantes autres que légumineuses.

Cette notion de la fixation directe de l'azote par les légumineuses et par les algues ne contrarie d'ailleurs aucunement l'hypothèse formulée par Schloësing au début de ses travaux, pas plus que ne la contrarie la réalisation, plus récente, de la synthèse de composés azotés au moyen de l'air; Schloësing pensait que seul l'azote, engagé dans des combinaisons oxygénées, au sein de l'atmosphère électrisée, était appelé à réparer les pertes d'azote terrestre; les légumineuses, les algues, les

nitrate synthétique, la cyanamide de calcium, l'ammoniaque synthétique, etc. sont autant de réparateurs d'azote qui viennent s'ajouter à l'acide nitrique des orages.

## II.

### RECHERCHES INDUSTRIELLES.

#### *Fabrication du carbonate de soude.*

En 1804, Nicolas Leblanc, subventionné par la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, fondait, à Saint-Denis, l'usine qui fabriqua, pour la première fois, de la soude artificielle, par la calcination à haute température d'un mélange de sulfate de soude, de chaux et de charbon.

A ce procédé s'est aujourd'hui substitué, presque universellement, un procédé qui a pour base la réaction de l'acide carbonique sur une solution concentrée de sel marin en présence d'ammoniaque, et qui fournit du bicarbonate de soude et du chlorhydrate d'ammoniaque; le bicarbonate est transformé en carbonate neutre par la torréfaction, et l'ammoniaque est régénérée par la chaux.

C'est à Schloësing que l'on doit ce procédé; mais s'il en recueillit grande gloire, il n'en amassa pas de profits. En 1855, en effet, s'associant avec E. Rolland, alors ingénieur en chef des constructions aux Manufactures impériales, qui faisait autorité dans les questions de mécanique, il fonda, à Puteaux, avec le concours pécunier de quelques amis, une petite usine d'exploitation.

Après de longs et pénibles efforts, inséparables de toute création industrielle, après avoir subi les injustes exigences du fisc, qui prétendait faire payer les droits sur la totalité du sel entrant en fabrication, alors qu'un tiers de ce sel était perdu, la jeune Société, ayant épuisé son capital, décida, au début de 1858, de fermer les portes de la petite

usine de Puteaux. Celle-ci avait produit, en deux ans, plus de 300000<sup>kg</sup> de carbonate de soude, si blanc et si pur qu'il était recherché pour la teinture, la préparation des laines, la fabrication de l'outremer, etc.

Schlœsing et Rolland ne conservèrent de cette décision aucune amertume; dans les Mémoires qu'ils publièrent aux *Annales de Chimie et de Physique* en 1868, ils reconnaissent que l'usine n'avait été fondée qu'en vue d'une expérimentation, qu'elle était dans de mauvaises conditions de lieu (loin de la mine de sel) et d'installation pour produire à des prix rémunérateurs : « Nous pensâmes qu'ayant atteint son but, elle n'avait plus de raison de fonctionner. » Elle avait permis d'affirmer que l'on pouvait fabriquer de la soude par l'action de l'ammoniaque et de l'acide carbonique sur le sel marin.

Ce fut donc une expérience sans lendemain immédiat; mais les inventeurs conservèrent la foi en leur invention : « Nous sommes encouragés dans notre dessein (de publier nos expériences) par notre conviction, partagée par quelques savants éminents qui connaissent nos travaux, que, tôt ou tard, le procédé à l'ammoniaque prendra place dans l'industrie soudière et trouvera un débouché assuré de ses produits parmi les consommateurs qui demandent des sels de soude purs. »

Dans le Mémoire de 1868, Schlœsing et Rolland décrivent avec détails les cinq opérations successives : réaction entre le sel, l'ammoniaque et l'acide carbonique dans les absorbeurs, filtration du bicarbonate de soude dans les centrifuges, calcination de ce sel dans les torrificateurs, distillation de l'ammoniaque en présence de la chaux dans les colonnes distillatoires, production de la chaux et de l'acide carbonique dans les fours à chaux. Puis ils étudient, pour chacune de ces opérations et pour chacun de ces appareils, les proportions de matières à employer, leur distribution, leur surveillance et leur contrôle et enfin ils établissent le prix de revient. C'est un admirable

Mémoire de science industrielle; mais on se demande, en le lisant, si l'on n'a pas sous les yeux le testament technique des deux grands inventeurs.

Ce fut l'éminent industriel belge, Ernest Solvay, qui appliqua à Saint-Josse-Ten-Noode, près de Bruxelles, en 1860, puis à Couillet, près de Charleroi, en 1865, dans des conditions nouvelles et de grande envergure, la réaction du procédé de Schloësing et Rolland. En 1870, l'usine de Couillet fabriquait 40 à 50 tonnes de carbonate de soude par jour; l'usine de Warangeville, près de Nancy, puis d'autres, se montèrent, apportant à Ernest Solvay une fortune considérable, dont il sut d'ailleurs faire le plus noble usage.

Cependant Schloësing ne renonça pas à utiliser de nouveau la réaction qu'il avait exploitée à Puteaux. Sollicité, vers 1879, par un de ses élèves, Ernest Sorel, qui dirigeait à Saint-Denis une fabrique de produits chimiques de la Compagnie Maëtra, il revint à l'étude de la fabrication industrielle du carbonate de soude.

C'est alors que Hugh Bell (devenu depuis Sir Hugh Bell), fils de Lothian Bell, le grand métallurgiste de Middlesborough, désirant utiliser des gisements de sel, récemment découverts près de son usine, vit les débuts d'un procédé partiellement nouveau, et comportant en particulier la transformation sur place du bicarbonate d'ammoniaque en bicarbonate de soude par simple contact avec une solution de chlorure de sodium. Hugh Bell l'adopta et le pratiqua pendant une quinzaine d'années. Ce fut une grande satisfaction, un peu tardive et trop limitée, pour le savant qui avait osé concevoir que le procédé Leblanc cesserait, un jour, de fournir le sel de soude au monde entier.

*Études sur les marais salants et le traitement  
des phosphates pauvres.*

Je passe sur des travaux industriels relatifs au jaugeage des fluides, à la condensation des vapeurs, à la séparation de l'ammoniaque par le phosphate de magnésie et je termine par l'exposé des derniers travaux de notre illustre confrère, ceux qui ont contribué à lui donner la joie de vivre, quand il voyait tant d'amis, plus jeunes, être condamnés au repos et à la stérilité scientifique.

L'affection profonde qu'il avait pour sa fille et son gendre, le général Roux, commandant le corps d'occupation de Tunisie, l'engageait à des déplacements fréquents qui se transformèrent peu à peu en séjours prolongés. C'est le propre de l'homme de science de se complaire dans l'observation et de former des projets d'études en face des spectacles qu'il est à même de contempler. Schloësing vit les marais salants. La composition des eaux de la mer l'avait déjà attiré; il avait démontré qu'à la salure près, la Méditerranée possède la même composition saline que l'Océan et qu'il n'y a « qu'une mer » (1906); il avait utilisé la magnésie pour fabriquer des briques réfractaires destinées aux études qu'il poursuivait en 1862 et en 1863 avec son ami de Mondésir, et cette magnésie, il l'obtenait, en même temps que de l'acide chlorhydrique, par la calcination de l'oxychlorure de magnésium.

Quand Schloësing entreprenait un travail, il aimait le commencer *ab ovo*, non pas qu'il méprisât ce que d'autres pouvaient lui apporter, mais parce qu'il considérait qu'il glanerait, dans les faits paraissant les mieux connus, des remarques intéressantes. Il obtint donc, vers 1908, la concession d'une partie de Sebkhah, à 15<sup>km</sup> de Sousse, et créa, de toute pièce, un marais salant et une usine. Il suivit, avec méthode, la marche de la concentration des eaux mères (1911), obtint le chlorure

double de potassium et de magnésium, dont il augmenta, au détriment des sulfates, le rendement, par addition de chlorure de calcium, sépara le chlorure de magnésium, demanda à celui-ci l'acide chlorhydrique qu'il utilisa pour attaquer des phosphates pauvres; les eaux acides, précipitées par la chaux, restituaient leur phosphate. Ces deux richesses naturelles de la Tunisie, l'eau mère concentrée au soleil et le phosphate, se réunissent pour assurer à l'agriculture une nouvelle matière fertilisante.

Le nom de Schloësing est aujourd'hui gravé sur le grand livre où s'enregistre, au jour le jour, l'histoire de la Science. Opérateur impeccable, il n'a jamais commis une erreur dans les conclusions où les résultats de ses analyses le conduisaient. D'autres ont fait suivre des directives différentes à leurs expériences, ou ont porté leurs recherches au delà du point où Schloësing avait arrêté les siennes. Mais les résultats, comme les doctrines philosophiques qu'ils ont permis de formuler, restent inattaquables; Schloësing subsistera dans l'histoire de la Chimie, comme Lavoisier, Dumas, Boussingault, Würtz et Berthelot.

